

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-012285

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

H05H 1/46
C23C 14/48
G21K 5/04
H01L 21/265

(21)Application number : 10-179838

(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.06.1998

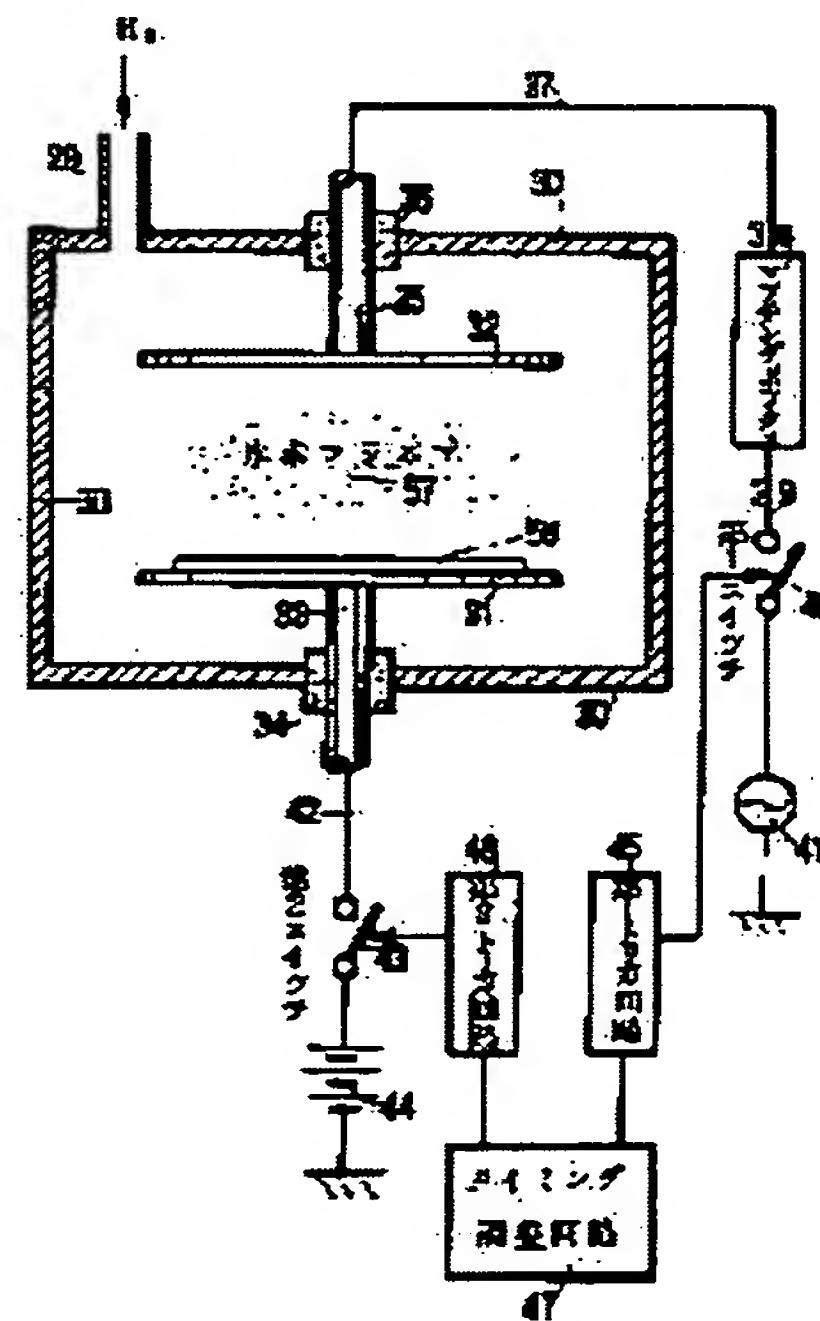
(72)Inventor : MIYAKE KOJI
HAYASHI TSUKASA
KUWABARA SO

(54) PULSE BIAS HYDROGEN NEGATIVE ION IMPLANTATION METHOD AND IMPLANTATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide hydrogen ion implantation method into a semiconductor or metal, in which an ion species of hydrogen is limited to one kind, and an ion implantation device by bringing an object substrate into contact with plasma, applying positive voltage to the object substrate and a susceptor, and implanting a hydrogen negative ion into the substrate.

SOLUTION: Hydrogen gas is introduced into a plasma generating chamber 30. A first trigger circuit 45 turns on a first switch 40. High frequency voltage is applied to a facing electrode 32 and a susceptor electrode 31, glow discharge is conducted between the electrodes, and hydrogen plasma is generated. When the first trigger circuit 45 turns off, the first switch 40 turns off, and plasma disappears. Electrons instantaneously loses energy, collision cross section area of electrons to hydrogen atoms is remarkably increased, collision of electrons against hydrogen is made easy, H^- is produced, and density of H^- is maximized between several 10 μ sec and 100 msec. After the first trigger circuit turns on, when a second trigger circuit 46 turns on, negative ions enter the inside of a wafer 58.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2920188

[Date of registration] 30.04.1999
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 1)

(11)特許番号

第2920188号

(45)発行日 平成11年(1999) 7 月19日

(24)登録日 平成11年(1999) 4 月30日

(51)Int.Cl.⁶ 識別記号

H 0 5 H 1/46
C 2 3 C 14/48
G 2 1 K 5/04
H 0 1 L 21/265

F I

H 0 5 H 1/46
C 2 3 C 14/48
G 2 1 K 5/04
H 0 1 L 21/265

A
Z
A
F

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-179838

(22)出願日 平成10年(1998) 6 月26日

審査請求日 平成10年(1998)10月 2 日

(73)特許権者 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72)発明者 三宅 浩二

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地日
新電機株式会社内

(72)発明者 林 司

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地日
新電機株式会社内

(72)発明者 桑原 創

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地日
新電機株式会社内

(74)代理人 弁理士 川瀬 茂樹

審査官 村田 尚英

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パルスバイアス水素負イオン注入方法及び注入装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板、絶縁体基板或いは金属基板の所定の深さに水素イオンを注入する方法であって、プラズマ生成手段によって水素を含むプラズマを発生し、半導体基板、絶縁体基板或いは金属基板を水素プラズマ中にさらし、基板に正のパルス電圧を印加することによってプラズマ中の水素負イオンを基板中に所定深さまで注入することを特徴とするパルスバイアス水素負イオン注入方法。

【請求項 2】 プラズマを生成するプラズマ室内の中間部に電子を捕獲するための磁場を形成し、磁場の一方の側の第 1 プラズマ室ではプラズマ生成手段によってプラズマを生成し、第 2 プラズマ室には半導体基板、絶縁体基板又は金属基板を設け、磁場によって妨げられ高エネルギー電子が第 2 プラズマ室に移動しないようにし、第

2 プラズマ室で電子と中性原子、分子の衝突を促進し水素負イオン濃度を高めるようにすることを特徴とする請求項 1 に記載のパルスバイアス水素負イオン注入方法。

【請求項 3】 高周波コイルに高周波を加える事によりプラズマを生成する手段を備えたプラズマ室に Cs を供給し、プラズマ室内に設置された導電性ターゲットの表面に Cs を堆積させ、このターゲットに負電圧を印加する事によって、ターゲットを正イオンでスパッタし、水素負イオン濃度の高い水素プラズマを生成することを特徴とする請求項 1 に記載のパルスバイアス水素負イオン注入方法。

【請求項 4】 プラズマ生成手段を周期的にオン／オフし、プラズマ生成手段がオフに切り替わってから 10 μ s e c から再びオンになるまでの期間に半導体基板、絶縁体基板または金属基板に正のパルス電圧を印加するこ

とを特徴とする請求項1、2又は3に記載のパルスバイアス水素負イオン注入方法。

【請求項5】 真空に引くことができプラズマを生成する空間であるプラズマ室と、プラズマ室内にプラズマを発生するプラズマ発生手段と、プラズマ室に水素原子を含むガスを導入するガス導入口と、プラズマ室からガスを排出するガス排気装置と、プラズマ室内に設けられ半導体基板、絶縁体基板又は金属基板を載置するためのサセプタと、サセプタに正電圧バイアスを印加する正バイアス電源と、正バイアス電源とサセプタの間に設けられるスイッチと、スイッチを周期的にオンオフし、基板にパルスの正電圧バイアスを印加する機構とを含むことを特徴とするパルスバイアス水素負イオン注入装置。

【請求項6】 プラズマ室内に磁界を形成するための磁場形成手段を、プラズマ室内或いは外に設け、プラズマ室を二つに分離し、磁場によってエネルギーの高い電子の透過を防ぎ、一方のプラズマ室ではプラズマ生成を行い、他方のプラズマ室にはサセプタと基板を設けた事を特徴とする請求項5に記載のパルスバイアス水素負イオン注入装置。

【請求項7】 高周波コイルに高周波を加える事によりプラズマを生成する手段を備えたプラズマ室に設けられた導電性のターゲットと、ターゲットに負電圧を印加する負バイアス電源と、Cs、Rb、Kなどの蒸気を生成するオープンと、オープンで発生した蒸気をターゲットに導くノズルとを設けた事を特徴とする請求項5に記載のパルスバイアス水素負イオン注入装置。

【請求項8】 プラズマ生成手段をオンオフする機構と、プラズマ生成オンオフと、サセプタの正バイアスのオンオフのタイミングを決めるタイミング調整回路とを設け、プラズマ生成手段がオフになった直後にサセプタに正のバイアス電圧を印加ことを特徴とする請求項5、6又は7に記載のパルスバイアス水素負イオン注入装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、Siなどの半導体、SiC、ガラス、プラスチック等の絶縁体、金属などの基板全体に所定深さになるよう水素イオンを注入する方法と注入する装置に関する。水素イオン注入にはおおまかに言って二つの用途がある。水素イオン注入によって脆弱な多孔質層（ポイド層）を基板内部に作りこいで切断する、というのが一つの用途である。さらに水素イオンによって対象の物性を向上させるという用途もある。水素注入には様々な用途があるからひとつずつ説明する。

【0002】[1. SOI基板の製作のための水素イオン注入] SOI基板（silicon on insulator）というのは広義には絶縁層の上にSi単結晶を持つ基板である。SOI基板には厚い絶縁体基板の上に薄いSiを載せた

（Si／絶縁基板）ものもある。例えばサファイヤの上にSi薄膜を形成したものなどである。しかし異種結晶の上にヘテロ成長させると結晶欠陥が多い。劈開もないし高価になる。ほとんど利益はない。だからSOI基板といえ、全体がSiで表面近くに薄い絶縁層とSi単結晶が存在する（Si／絶縁層／Si基板）の3層構造のものが主である。絶縁層はSiO₂である。つまり

（Si／SiO₂／Si基板）の3層構造である。

【0003】Siウエハーは安価である。高品質のものが入手しやすい。SOI基板ではSiの上にSiがあるから格子定数は同一で欠陥は少ない。劈開もあり素子分離に便利である。これを作るため水素イオン注入して内部に多孔質層をつくり、他のSiウエハーを貼り付け、多孔質層から切断し、表面研磨してSOIとする。これについてはさらに後に説明する。

【0004】[2. 単結晶Si／ガラス基板製作のための水素イオン注入] 液晶装置基板はガラスの上にアモルファスシリコン（a-Si）薄膜を堆積させその上に多数の薄膜トランジスタを作製したものである。これが主流であるがa-Siのキャリア移動度が低いので動作が遅い。現在の最も高機能の液晶装置基板は、ガラス基板に多結晶シリコン薄膜（p-Si）薄膜を形成したものである。a-Siより電子移動度が高いのでより高速動作する。これは例えば

【0005】① 糸賀隆志、伊藤政隆、高藤裕、「低温ポリシリコンTFT-LCD」シャープ技報、第69号、P64（1997）

【0006】に提案されている。しかしながら未だ満足できる成果を得ていない。多結晶は結晶粒界が多数存在する。ために電子散乱が多い。単結晶Siに比較してなお電子移動度は低い。多結晶の粒界に多数の粒界準位が存在するからこれによって散乱されるのである。そこで水素イオンビームを注入して粒界準位を減らすという試みも行われる。例えば、

【0007】②特開平8-97432号「薄膜半導体装置の製造方法」鈴木信明に提案されている。水素イオンビームを注入してアニールすると水素が粒界のSiを終端し準位が減少し移動度が上がるということを述べている。

【0008】しかし多結晶Siの薄膜には移動度の遅さ以外にも問題がある。多結晶Siでは粒界にそって電流が流れやすいために、ソース・ドレイン間のリーク電流が大きい。ために複雑なLDD構造をとらざるを得ない。このため夢の結晶といわれたSOG（システムオンガラス）は全く実現の見込みがない。SOIを応用し、Siに水素注入して多孔質層を作りガラスに貼り付け、多孔質層からSi基板を切断しガラス基板上にSi単結晶薄膜を接着する。これが基板がSiでなくガラスになっているだけでSOIと良く似たポイドカット法によって作製できる。だからこれもSiウエハーに水素を注入

し、脆弱な層を作り、ガラスに貼り付けて、薄くSi層を剥離してSi単結晶／酸化物／ガラスの層構造をつくる。

【0009】[3. 太陽電池の改良] 導電性基板の上に単結晶Si薄膜を接着し、その後10～20nm程度の薄いSi薄膜をエピタキシャル成長させる。Si薄膜を基板に接着する方法としてSOIと同じボイドカットを使う。水素正イオンを注入して多孔質層を作りここから剪断する。基板のほとんどは安価な材料でありほんの表面の一部だけSi単結晶となる。こうすると安価であるにも拘らず高効率の太陽電池を作る事ができる。必要であれば同一基板上に半導体素子、TFT素子、光電変換素子などを混載する事も可能である。これは例えば

【0010】③ A.L. Akishin & G.M. Grigor'eva, "Possibilities of increasing the efficiency of solar silicon elements in implanting H⁺ and He⁺ ions," Physics and Chemistry of Materials Treatment 1994 28, (6), p365-368 (1994)によって提案されている。勿論実用レベルには達していない。

【0011】[4. SiCへの水素イオン注入] 同様のボイドカット法によってSiCの薄膜を作製する方法も提案されている。SiCは高温耐熱半導体でSiとは別の用途がある。これもSOIと同じ手法で、水素イオン注入多孔質層の形成、デラミネーションによりSiC薄膜を作製することが提案されている。例えば

【0012】④ 原徹、柿崎恵男、田中久雄、「H⁺注入による薄膜デラミネーションーデラミネーションのSiCへの応用ー」第45回関係連合講演会講演予稿集29a-K-2, p803 (1998) もちろんいまだ良質の基板はできず、デバイスにするという段階でない。さまざまな夢の試みがなされている。

【0013】

【従来の技術】絶縁物上に単結晶Si半導体層を形成したSiオンインシュレータ基板（いわゆるSOI基板）は、通常のバルクSi基板と比較して高集積化が可能、高速デバイスの作製が可能、など多くの点で優れていることが知られており各地で精力的に研究されている。これらの優位点は例えば以下の文献に詳細が記述されている。

【0014】⑤ Special Issue: "Single-crystal silicon on non-single-crystal insulators"; edited by G. W. Cullen, Journal of Crystal Growth, vol. 63, No. 3, pp429-590(1983)

【0015】SOI基板の作製方法として二つの方法がある。一つは直接に酸素イオンを注入し酸化珪素層を作る方法(SIMOX)である。もう一つは水素イオン注入によるボイドカット法あるいはスマートカット法とよばれる貼り合わせ作製法である。本発明は水素イオンのウエハーへの注入法に関するもので、スマートカット法の改良を与えることができる。

【0016】スマートカット法によるSOI基板の作製方法は例えば、

⑥ 特願平8-264386号に詳述されている。その他にもたくさんの文献がある。簡単に説明する。第1のSi基板の表面を酸化しSiO₂膜を作る。おおよそ100keV程度の水素イオンを1×10¹⁴/cm²以上注入し、0.2μm～0.5μm程度の深さにポロシティの大きい多孔質層を形成する。その後熱処理によって、表面のSi層の注入ダメージを回復する。第1のSi基板を貼り合わせる。絶縁層は第2のSiウエハーに形成しておいてもよい。その後垂直方向に剪断力を加える事によって前記多孔質層で第1基板を切断する。その後、表面を研磨する。こうしてSOI基板を作製する。

【0017】注入ガスとしては水素の他に、希ガス、窒素ガスでもよいが、水素が最も好まれる。それは質量が軽い、低エネルギーでも深くまで注入でき、またSi表面層に与えるダメージが小さいためである。

【0018】この水素イオン注入法として、B、Pなどの不純物をSi基板に注入するイオン注入装置を使用するのが最も一般的である。図1に典型的なイオン注入装置による水素イオン注入方法を示す。

【0019】プラズマ励起は、熱フィラメント、マイクロ波、高周波などによって行う。これはフィラメント励起による装置である。真空に引く事のできるチャンバ1にはフィラメント2が設けられる。絶縁物5を通してフィラメント2の端子が外部に取り出される。端子の両端には直流のフィラメント電源3が接続される。チャンバ1にはガス入口4がありここから水素ガスが供給される。チャンバ1とフィラメント2の間にはアーク電源6(V_{ak})が接続される。加速電源7(V_{acc})がアーク電源6の負極とアースの間に設けられる。チャンバ1の電位は、V_{acc}+V_{ak}である。

【0020】チャンバ1の出口8の外側には、開口部の軸線を共通にするように有孔の電極が3枚設けられる。加速電極9、減速電極10、接地電極11である。加速電極9には抵抗13を介して加速電源7の正極が接続される。減速電源10には減速電源12が接続される。チャンバ出口8、電極9、10、11の開口の延長上には、4分円弧の質量分離マグネット14が設置される。チャンバ1から出たイオンビーム15は、入口16から質量分離マグネット14に入り磁場によって彎曲した軌道を描いて出口17から出る。質量、エネルギーで軌道を調整してあるから、一原子イオンH⁺は中央軌跡26を経てスリット板18を通る。しかし2原子イオンH₂⁺は偏奇軌跡27を描いて、質量分離マグネット14の壁やスリットに当たって消滅する。一原子水素正イオンH⁺はスリット板18を通り、対向電極19、20と可変電源21からなる走査機構22によって左右に走査される。走査ビーム23はサセプタ25の上のSiウエハー24に注入される。

【0021】水素プラズマ中に正イオンは何種類もできる。複数種の水素正イオンが注入されると複数の水素注入層ができる。これは困る。一種類の水素正イオンだけを選んで注入しなければならない。そのためには質量分離する必要がある。質量分離するためにはビームを細くしなければならない。ウエハー直径よりずっと細いビームにする必要がある。ウエハー直径より小さいビームだからウエハー全面に一挙に注入できない。ビームを振る走査機構が不可欠である。質量分離と走査機構の存在が様々な問題を引き起こす。

【0022】イオン注入装置によって、水素イオンビームを質量分離、走査し、注入する方法は、従来の不純物イオン注入装置と同様の構成である。容易に推測がつくが、装置構成が非常に複雑高価である。特に嵩高いマグネットがあるため設置面積も広くなる。またビームを走査して注入するため、ウエハー1枚当たりの処理時間が非常に長い。ためにスループットが低い。その結果、SOI基板1枚当たりの単価は非常に高くなる。このことが、SOI基板の優秀性が広く認められているにも拘らず普及しない原因となっている。

【0023】また近年、水素プラズマ中に基板をさらし、基板に負のパルス電圧を周期的に印加する事によって水素イオンを基板全面に注入する方法も提案されている。この方法は以下の文献に詳述されている。

⑦ "Ion-cut silicon-on-insulator fabrication with plasma immersion ion implantation": edited by Xian g Lu, S. Sundar Kumar Iyer et. al, Appl. Phys. Lett. 71 (19), 1997

【0024】図9にこれを示す。プラズマ室200には原料ガス入口202から水素ガスが供給される。マグネトロン（図示しない）で発生し導波管203を伝搬したマイクロ波204がプラズマ室200に供給される。プラズマ室200の内部にはSiウエハー207がサセプタ208の上に載置される。サセプタ208は軸209によって支持される。軸209は負バイアス電源220によって負にバイアスされる。プラズマ206にウエハー207が接触している。ウエハーを負にバイアスすると水素正イオン H^+ 、 H_2^+ がウエハーの全面に一挙に注入される。

【0025】この方法は質量分離がなく簡単な構造になっている。しかしそれは決して利益でない。質量分離機構を含んでいないためにプラズマ中の正イオン

(H_2^+ 、 H^+)を全てウエハーに引き込んでしまう。質量の異なる二種類のイオンが注入され、ポロシティの大きい多孔質層が二重に形成されてしまう。これではウエハーを綺麗にスマートカットできない。分子(H_2)と原子(H)では質量が2倍違うので、同じ加速エネルギーを与えると、軽い H^+ が重い H_2^+ の約2倍深くまで注入されるからである。 H_2^+ によって一層目が、 H^+ によって2層目の多孔質層ができる。

【0026】一原子イオン H^+ で形成される2層目でカットするのは良くない。他のウエハーを貼り付けてSOI基板を作ったとき、1層目がSOI基板に残るからである。より表面に近い1層目(H_2^+ で作られる多孔質層)でウエハー全面にわたって剥離できれば問題はないが、2層目で剥離される部分が存在するとこれは表面欠陥となる。これは歩留まりを大きく低下させるので望ましくない。

【0027】また上記文献では、この問題を解決するために、ガス流量、投入電力などを最適化してプラズマ状態をコントロールし、プラズマ中の正イオン比率を $H_2^+/H^+=90:10$ として、 H_2^+ をより高い割合で注入しするようにしている。一原子イオン H^+ が少ないので2層目が薄くなり、1層目で剥離しやすくなるように工夫を凝らしている。

【0028】しかしなお H^+ を完全に除去する事ができない。そのために2層目で剥離する危険性がある。従来の方法では、プラズマ中の分子イオン/原子イオンのどちらか一方を、他方が無視できる程度まで優先的に生成するのは困難である。またプラズマパラメータが少しでもずれると、上記の正イオン比率 $H_2^+:H^+$ が変動する惧れがある。特に生産装置での安定性という点で重大な懸念がある。また、分子イオン H_2^+ を優先的に注入して多孔質層を形成しようとした場合、 H_2^+ は、 H^+ に比べ約2倍の電圧を印加しなければ、必要とする深さまで注入する事ができない。そのため、パルス電圧を印加する電源の技術的困難性が倍加し、価格も大幅に高くなる。やはりどうしても質量分離機構が不可欠ということになる。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】上記の第1の方法の本質的な問題は質量分離を必要とする点にある。プラズマ中の水素正イオンの種類には、前述のように H^+ 、 H_2^+ のイオンが存在する。このうちいずれか1種類を独占的に注入しなければ多孔質層が多層に形成されてしまう。1種類のイオンビームだけを選ぶために図1のイオン注入装置では、質量分離系を設けている。大きいマグネットのために装置は大型、高価とならざるをえない。太いビームは質量分離できないのでイオンビーム径を絞る。イオンビームを絞るので広いウエハーの全面に一挙にイオン注入できない。そのため走査機構を設け、ウエハー全面にわたって、ビームを走査しなければならない。また水素プラズマ中に基板をさらし、基板に負のパルス電圧を印加する事によって水素イオンを注入する方法（図9）はプラズマパラメータをコントロールすることによって問題を解決しようとしているが不完全である。複数種類の水素正イオンが注入されるという問題が残っている。

【0030】水素の生成イオン種を一種に限定した半導体、金属、絶縁体基板への水素イオン注入方法、装置を

提供する事が本発明の第1の目的である。生成イオン種を一種に限定し、質量分離を不要とし、安価で小面積に設置できる水素イオン注入装置を提供することが本発明の第2の目的である。生成イオンを一種に絞る事によって走査を不要としスループットの高い水素イオン注入装置を提供することが本発明の第3の目的である。水素正イオンには、上述のように H^+ 、 H_2^+ など複数種のイオン種が存在し、何れか1種を80%以上独占的に生成することは、極めて困難である。かといって質量分離をすると装置は大型で高価額のものにある。スループットも低い。そこで本発明はその途を取らない。

【0031】

【課題を解決するための手段】本発明は、正イオンでなく、水素負イオン H^- を用いる。水素負イオンとしては H^- の他に安定なものは存在しない。 H_2^- のような分子負イオンは発生しても寿命が数 ns ～数十 ns と短い。すぐに解離し H と H^- になる。だから水素負イオンといえは100% H^- である。水素負イオンでの H^- の独占性については例えば次の文献に書かれている。

⑧「イオン源工学」石川順三著 アイオニクス社出版
pp. 34-35

【0032】本発明は負イオンにおける H^- の優れた独占性を活用する。 Si 、誘電体基板、ガラスなど対象となる基板をプラズマ室においてプラズマに接触させ、対象基板・サセプタに正電圧をパルス的に印加することによって一原子の水素負イオン H^- を基板に一括して注入する。始めからプラズマに基板を接触させておき基板の全体に一挙に水素イオンを注入するのである。プラズマと基板の間には薄いシースと呼ばれるポテンシャルの不連続層が存在し、シースに加速電圧がかかりここで H^- が加速される。

【0033】他に水素負イオンがないから質量分離が不要である。基板をプラズマ室において初めから基板をプラズマに接触させるからビーム走査が不可能であるし不要になる。一挙に全体に注入するからスループットが高い。これが本発明の骨子である。

【0034】水素負イオンには初めから一原子一価イオン H^- しか存在しないので質量分離が不要である。大きく重い質量分離マグネットは不要になる。これによって装置が小型になる。装置据え付け面積も少なくなる。マグネットが無いのでより安価になる。

【0035】質量分離が不要であるから細いイオンビームにする必要がない。直接にプラズマ中に基板をおいてプラズマに接触させておき正電圧をパルス的に印加して基板に水素負イオンを注入するのである。ビーム走査しないから走査機構の分だけ装置が安価になる。また走査機構が不要でその分走査距離が不要になるから据え付け面積をさらに削減できる。一挙にイオン注入できるから注入時間が大幅に短縮できる。ためにスループットが大いに向上する。ボイドカット法による $SiSOI$ 基板な

どの製造コストを引き下げる事ができる。

【0036】水素負イオンビームを用いる本発明にも問題はある。水素負イオンをどうして大量に生成するか？という事が問題である。そもそも従来技術が全て水素の正イオンを注入していたのは、正イオンが生成し易いからである。負イオンはなかなかできない。電気的中性の条件から、プラズマ中でも、正イオン数＝電子数＋負イオン数である。プラズマ中で負イオンはかならず正イオンより少ない。しかも負イオンも電子も負の荷電粒子であるからイオン源を負にして負イオンを引き出したとき電子も同時にでてくるという問題がある。電子が基板に注入されるとイオン電流がそれだけ無駄になるし、電子によって基板が加熱されるという問題がある。イオン注入装置において現在でも殆ど正イオンを対象にしているのは正イオンのほうが作りやすいし電子が混ざらないからである。

【0037】負イオン生成の問題はいくつかの工夫によって解決できる。ひとつは、プラズマ中の中性を保持しつつ電子を急激に消滅させることによって負イオンを一時的に増大させる手法である。一価イオンに換算すると、電子数＋負イオン数＝正イオン数であるから、電子数を一時的に0に近づける事によって、負イオン数を正イオン数に近づける事が可能である。プラズマが点灯しているときプラズマ励起手段を遮断すると、電子温度が急激に下がり、低エネルギー電子が増える。

【0038】低エネルギー電子は衝突結合の断面積が大きいから中性原子、分子と衝突し易くなる。中性水素原子に衝突するとこれに捕獲され一価の H^- になる。中性水素分子に衝突すると、分子を分裂させ二つの原子にし電荷を与えて中性原子と負イオン H^- になる。このようにプラズマが消滅する際、電子が急速に減少し負イオンが増える。もちろんこれは一時的なものでその後正イオンも負イオンも減少し始める。その短い間だけ基板（ウエハー）・サセプタにバイアス電圧を印加して負イオンをウエハーに注入するようにする。

【0039】わずかな間だけ注入するのであるから繰り返し繰り返し積み重ねる必要がある。それでプラズマ点灯消灯をパルス的に行きそれから一定時間遅れてウエハー・サセプタに正電圧バイアスをパルス的に印加する。1回あたりの負イオン注入がわずかであっても繰り返し注入すればやがて所望のドーズ量に達する。この方法を、仮に「消灯後正パルス法」と呼ぶ。

【0040】消灯後正パルス法の他にもう一つ負イオンを高密度に生成する方法がある。プラズマ中の電子温度はかなり高くエネルギーは数十 eV もある。これでは中性原子と結合しにくい。0.1 eV ～0.01 eV 程度の低速電子は中性原子と結合して負イオンを作りやすい。そこで電子エネルギーを0.1 eV 程度以下に下げて、中性原子、中性分子との衝突結合の断面積を増やす方法である。これは「エネルギーフィルタ法」と呼ばれ

ている。これらは時間的、空間的に負イオン密度を高めそこから負イオンを取り出すものである。これは先ほど述べた、消灯後正パルス法と併用することもできる。

【0041】さらにCsの仕事関数の低い事を利用した負イオン生成法もある。これはよく知られた方法である。負にバイアスしたターゲットにCsを付着させておき中性原子分子を当てるとCsの電子が中性原子、分子に移動して負イオンを作るというものである。Csは正イオンになるがターゲットから電子がやってくるのでまた中性に戻る。Csが電子を手放し易い(仕事関数が低い)ことを巧みに使ったものでRbなどでも代用できる。これも先述の消灯後正パルス法と併用できる。

【0042】プラズマの生成法自体は、フィラメントによるアーク放電、平行平板電極間の高周波放電、直流放電、マイクロ波放電、スパッタ負イオン生成など幾つもの方法がある。これら励起手段に対応してイオン源がその種類だけ存在する。本発明はその何れにも適用できるものである。さらに原料ガスは水素ガスが最も適するが、これに限らない。水素+希ガスを使う事もできる。希ガスはヘリウム、アルゴンなどであるが、これらはプラズマ状態で安定であり、希ガスと水素の衝突によって水素負イオンを生成することができる。ために負イオン密度をより高くすることができる。さらに水素を含む気体、 SiH_4 、 CH_4 などの気体を原料ガスとすることもできる。 SiH_4 を使うと、 H^- 以外に Si_xH_y^- イオンもできるがこれは極めて重く基板の表面近くに注入されるだけである。研磨によって簡単に除去できる。

【0043】

【発明の実施の形態】本発明は、プラズマに接触するように置かれたウエハーに正電圧を印加し、水素負イオン H^- を、Si基板、ガラス基板、誘電体基板などに注入することに特徴がある。水素負イオンは殆どが H^- である。そのため質量分離は不要である。質量分離のためビームを絞る必要がないから走査装置も不要である。装置は単純化、小型化されスループットも上がる。作りにくい負イオンをどのようにして作るか?という事が問題になる。負イオン生成について述べる。

【0044】[1. 消灯後正バイアス法] プラズマ点灯をパルスのに行いプラズマ消灯直後に基板(ウエハー)にパルスのに正の電圧を印加することによって負イオンを注入する方法である。プラズマ生成手段をオンすることによって、プラズマ生成室内に水素を含むプラズマを生成する。次にプラズマ生成手段をオフする。プラズマ中の電子の温度は、数 μsec 以内に、数10eVから数eVまで急速に低下する。一方、この期間、電子および、正・負イオン密度は殆ど変化しない。プラズマ中では低エネルギー電子が支配的となる。この低速電子と水素分子が解離性付着を起こすことによって水素負イオンが生成される確率が急激に高くなる。 $\text{e}^- + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}^- + \text{H}$ 。 $\text{e}^- + \text{H} \rightarrow \text{H}^-$ の式によって簡明に表現できる。

このような付着によって、負イオン密度はプラズマ生成手段オフ直後から急激に上昇する。さらに20~30 μsec まで経過すると、電子は軽いために、急速に拡散し、消滅して密度が低下する。一方で、正・負イオンは質量が大きいため、殆ど消滅しない。このため電子密度が極端に少なく、正負イオンでプラズマが維持される特異な(電子が殆ど無い)プラズマが形成される。この現象は、例えば次の文献に述べてある。

【0045】⑨”パルス変調プラズマ” 寒川誠二、応用物理第66巻第6号、p550-558(1997)

【0046】(10) M.B.Hopkins, M.Bacal & W.G.Graham, "Enhanced volume production of negative ions in the post discharge of a multicusp hydrogen discharge", J. Appl. Phys. 70(4), p2009-2014(1991)"

【0047】⑨は塩素やアルゴンのプラズマについて述べたものである。(10)は水素プラズマについて調べたものである。本発明者はこれを巧みに利用する。プラズマ消灯後僅かな間負イオン密度の高い状態が出現する。本発明は、この特異なプラズマ(正イオン数=負イオン数)が形成される瞬間に、基板・サセプタに正のパルス電圧を印加する。これによって、水素負イオン(H^-)をSi基板に全面的注入する。

【0048】[2. エネルギーフィルタ法] プラズマ室を2つに分離し、第1プラズマ室では原料ガスを導きこれを励起しプラズマ生成を行う。第2プラズマ室にはウエハとサセプタを設ける。二つのプラズマ室の間には磁場によるエネルギーフィルタを設ける。第1プラズマ室では旺盛なプラズマ生成が行われ電子のエネルギーが高い。エネルギーフィルタは高エネルギーの電子の通過を防ぐ。第2プラズマ室は低エネルギーの電子が多く存在する。低エネルギー電子は中性分子、原子との衝突結合の断面積が大きい。低エネルギー電子は中性原子に結びついてこれを負イオン H^- 化する。そのようにして低エネルギーの電子が少なくなると第1プラズマ室から低エネルギー電子が入ってくる。エネルギーフィルタは、電子エネルギーに対して選択性あるものである。中性原子、分子は自由に通過を許すものとする。それは数十ガウス程度の磁場を形成することによってなされる。そのような磁場は永久磁石を対向させることによって発生させる事ができる。あるいは平行な複数の導体棒に電流を流す事によって磁場を発生させることができる。

【0049】[3. Cs法] 負イオン源として既に広く使われている方法である。Csは金属表面に吸着されると金属表面の仕事関数を下げる作用がある。仕事関数が下がるので電子がより放出されやすくなる。そこでこの金属を負にバイアスすると金属は電子の放出体として機能する。水素分子、水素正イオンが、Csに当たると電子が水素分子などに与えられ水素負イオンになる。Csは蒸発源に固体の状態で收容しておき加熱気化して金属表面に導く。Csの他にルビジウムRb、カリウムK、

バリウムBaなどをも利用できる。

【0050】〔実施例1（プラズマ消灯直後負イオン増加利用）〕図2によって実施例1を説明する。原料ガス入口29を有するチャンバ30は高周波励起プラズマ発生装置である。チャンバ30内部下方にサセプタ電極31が、上方に対向電極32が設けられる。サセプタ電極31はシャフト33によって支持される。シャフト33は絶縁物34によってチャンバ30から絶縁される。平行平板電極31、32の一方の電極32は配線37、マッチングボックス38、配線39、第1スイッチ40を介して13.56MHzの高周波電源41に接続される。高周波電源41は第1トリガ回路45によってトリガされ周期的にオン／オフされる。

【0051】平行平板電極31、32の他方のサセプタ電極31にはSi基板58が積載される。サセプタ電極31につづくシャフト33は絶縁物34を介してチャンバ30に支持される。シャフト33は配線42、第2スイッチ43を介して正バイアス電源44の正極に接続される。正バイアス電源であって負バイアス電源ではない。ここに注意すべきである。第2スイッチ43は第2トリガ回路46によって周期的にオンオフする。

【0052】タイミング調整回路47は、第1、第2トリガ回路45、46を図3のように一定の時間差をもってオンオフする。プラズマを点灯する第1スイッチを短くパルス的にオンオフしその直後にサセプタ電極31、ウエハー58に正のバイアス電圧を印加する第2スイッチ43を短くオンオフする。その意味は以下のようである。

【0053】プラズマ生成チャンバ30内に水素ガスを導入する。第1トリガ回路45が第1スイッチ40をオン（パルス立ち上がり48）にする。対向電極32、サセプタ電極31に高周波電圧が印加される。電極間でグロー放電が起こり水素プラズマが生成される。電子は数10eV程度の運動エネルギーをもつ。これが図3の高周波オン49でのプラズマ点灯状態である。

【0054】第1トリガ回路45がオフ（立ち下がり50）となると、第1スイッチ40が切れる。プラズマは消滅に向かう。電子温度が下がりプラズマ中の数10eV程度の高エネルギー電子は数 μsec 内に急速に消滅する。瞬間的に電子はエネルギーを失い数eV程度の低いエネルギーになる。エネルギーが低いと速度が遅いので水素原子との衝突断面積が著しく増える。つまり水素に衝突し易くなる。この低エネルギー電子が水素分子に解離性付着し、H⁻が生成される。そのためにH⁻密度はトリガ回路45がオフ50となった直後から急減に上昇し始める。ガス圧を高く、また投入マイクロ波電力を高め電界を強めることによって、H⁻がより優先的に生成される。それによって、負イオンの殆ど全てが一原子一価のH⁻になる。プラズマ容器や生成条件によるため一概には言えないが、数10 μsec ～100msec

の間にH⁻密度はピーク値を取る。そのとき負イオン数は正イオンの数に匹敵するくらい多くなっている。その後壁面との衝突などによってH⁻は徐々に減少する。

【0055】第1トリガ回路45がオフとなってからオンとなるまでの間、より好ましくは、電子密度が極端に低下する、第1トリガ回路45がオフ（51）してから10 μsec 以降からオンとなるまでの間に第2トリガ回路46をオンする（53）。オン54時には、Si基板に20～220kVの正のバイアス電圧がパルス的に印加される。ウエハーは正のバイアス電圧が印加されプラズマ57中の負イオンがウエハー58に引き寄せられる。加速されてウエハーの内部奥深くまで進入する。プラズマ57の広がりやウエハー58よりも大きいので、水素負イオンは全面に同等分だけ注入される。だから走査する必要はない。すぐに負イオンは減少するが正のバイアス電圧はすぐに解除（立ち下がり55）するから無駄な時間は少ない。

【0056】すぐに次の回のプラズマ点灯（立ち上がり48）を行い、プラズマを立ち上げ、これを消して負イオン濃度を高め、正のバイアス電圧を印加する（立ち上がり53）。このような繰り返しによって少しずつ負イオンH⁻をウエハーに注入する。

【0057】この実施例ではスイッチ40、43として、半導体スイッチを用いている。この場合は、デューティ1%、繰り返し周波数は数Hz～10kHzまで印加可能であることを確認している。またスイッチング手段としてサイラトロン等を用いる事も可能である。

【0058】実施例1の要点は、プラズマをオン／オフさせ、オフ期間中にH⁻を多量に生成し、タイミング良く正のバイアス電圧を印加してH⁻をSi基板に注入する事である。プラズマ消灯直後の負イオンの増大現象を巧みに利用するものである。

【0059】ここでは高周波励起の装置を用いたがこれに限らない。プラズマ生成手段としては高周波プラズマ以外にもマイクロ波プラズマでも直流放電プラズマでも良い。何れの場合も周期的にプラズマ生成手段をオンオフしオフになった直後の負イオン増加時にタイミングを合わせてウエハーに正のバイアス電圧を印加する。

【0060】〔実施例2（エネルギーフィルタによって低エネルギー電子を通す）〕水素負イオンを多量に生成する方法はいくつかあるが、とくに核融合開発における中性粒子入射装置（NBI:Neutral Beam Injection）用水素負イオン源の開発において多くの成果が上げられている。実施例2はこれを応用したものである。水素負イオン源の構造、作用などは以下の文献に述べられている。
(11) 「イオン源工学」 石川順三著 アイオニクス社出版pp486～492 プラズマ室内に水素ガスを導入し、プラズマ室に設けられた熱フィラメントを通电加熱することによって熱電子を発生させる。概ね40V～100Vの直流電圧を、熱フィラメントを負極、プラズマ

室壁を正極として接続し、直流放電によって水素プラズマを生成する。プラズマ生成室外側にはN極とS極が交互に配列されるように永久磁石を配置する。多極（カスプ磁場）磁界を形成して効率よくプラズマを閉じ込める。

【0061】プラズマ室は、磁場によって、第1プラズマ室と第2プラズマ室に分けられる。平行な複数の導体棒に電流を流す事によって、数10ガウスの程度の弱い磁界を形成する。これは、エネルギーフィルタと呼ばれる。エネルギーフィルタは、第1プラズマ室内で生成された数10eV程度の高エネルギー電子が第2プラズマ室内に多量に進入しないようにする。

【0062】第2プラズマ室には、1eV~0.1eV程度の低エネルギー電子を多く含むプラズマが生成される。水素分子の解離性電子付着によってH⁻が多量に生成される。

【0063】図4に実施例2をより具体的に示す。エネルギーフィルタによって低エネルギー電子を増やし負イオン生成を促進する。熱フィラメントプラズマ生成装置を例にするが、そのほかの励起方法であっても適用することができる。プラズマ室61はガス入口、ガス排出口（図示しない）を有する。入口から水素ガス、アルゴンガスなどが導入される。フィラメント64は導入端子62を通りフィラメント電源65に接続される。フィラメント64とプラズマ室61の間にはアーク電源66、第1スイッチ67が接続される。フィラメント64は加熱され熱電子を放出する。熱電子はプラズマ室61の壁に向かって流れアーク放電を引き起こす。アーク放電によってガスが励起されプラズマとなる。

【0064】プラズマ室61の中間部に複数の導体棒69が平行に設けられる。これには同方向に電流を流す。導体棒69の周りに数10ガウス~100ガウス程度の磁場を生ずる。この弱い磁場の障壁を、高いエネルギーの電子は通り抜けることができない。低エネルギーの電子はこれを通り抜けることができる。だから導体棒69が作る磁場は低エネルギー電子だけを選択透過させるエネルギーフィルタとなっている。

【0065】プラズマ室61は導体棒69によって上下に分割される。上方は熱フィラメントによって水素プラズマを励起する部分である。第1プラズマ室68と呼ぶ。下方は負イオンを生成する部分である。第2プラズマ室70と呼ぶ。ここにはウエハー72を載置したサセプタ73がある。サセプタ73はシャフト74を介し外部回路につながる。シャフト74は第2スイッチ76、正バイアス電源77につながる。タイミング調整回路78によって第1スイッチ67、第2スイッチ76は図3のようなタイミングに従ってパルス的に開閉する。

【0066】正バイアス電圧はS i ウエハーへの必要な水素の注入深さによって適当に決める。20keV~220keVの程度の注入深さとする事が多い。タイミン

グ調整回路78はスイッチ76をオンオフする。スイッチ76が閉じたときウエハーは正電圧にバイアスされるから水素負イオンが奥深く注入される。広がりあるプラズマの中にウエハーがあるから一挙に全面に水素負イオンを注入できる。大面積のプラズマであるから質量分離、ビーム走査は不要である。

【0067】プラズマ室61の下半外壁には、永久磁石71が多数設けられる。NSの極が隣接磁石間で反転するような配列になっている。隣接磁石間でカスプ磁場を生成し荷電粒子をプラズマ室の中央部に閉じ込める作用がある。

【0068】その動作は次のようである。水素ガスをガス入口から導入する。フィラメントによって熱電子放出されアーク放電が起こる。これによってガスがプラズマに励起される。このプラズマは正イオン、電子、中性原子、分子を含む。電子が多く負イオンは少ない。電子エネルギーは高く10eV程度もある。高速の電子であるから中性原子と衝突しにくい。

【0069】導体棒69が作る磁場B（数十ガウス~百ガウス）が第1、第2プラズマ室68、70の境界にある。荷電粒子、特に高速の電子はこの磁場障壁を抜けることができない。中性原子、分子は磁場Bを通り抜けることができる。軽い電子でもエネルギーが低いもの（約1eV以下）は導体棒69の磁場Bを通り抜けることができる。低エネルギーの電子は磁場にとらえられてサイクロトロン運動するがやがて磁場の影響を離脱する。

【0070】第2プラズマ室70には低エネルギーの電子が存在するからこれが中性水素分子に解離性付着する。これによって水素負イオンができる。低エネルギーの電子は殆ど全て中性原子、分子に付着して消滅する。そのとき負イオン密度が最も高くなる。丁度そのときにウエハー72、サセプタ73に正のバイアス電圧を印加して負イオンを強力に静電力によって引きつける。

【0071】実施例2では、第1プラズマ室68にのみ水素ガスを供給しているが、これにかぎらない。一般に水素ガス圧が高い方が負イオン生成効率が高い。負イオン生成効率を高めるため第2プラズマ室70にも水素ガスを供給しても良い。また第1プラズマ室には水素ガスを与えず、第2プラズマ室70のみに水素ガスを供給しても良い。

【0072】正バイアスがオフ56であるときウエハーは正イオンにさらされているがそれは差し支えない。正イオンが単に接触するだけではウエハー内部に取り込まれない。この実施例ではタイミング調整回路78によって、プラズマ励起を間欠的に行い、消灯後僅かな時間において、ウエハー72に正電圧をパルス的に印加する。負イオン密度が高くなった時に、ウエハーを正電圧にバイアスして負イオンをウエハーに効果的に注入する。

【0073】〔実施例3（エネルギーフィルタによって低エネルギー電子を通す）〕図5は第3の実施例を示

す。これはエネルギーフィルタの部分で導体棒でなく、永久磁石81～84によって置き換えたものである。カスプ磁場を作る永久磁石71とは別に、プラズマ室61の中間高さに同一方向を向いた永久磁石81～84を設ける。異極が対向する永久磁石81、82間と永久磁石83、84間に一方向に向かう磁束密度Bが生ずる。これは高速電子を遮断する作用がありエネルギーフィルタとして機能する。図4の導体棒に電流を流すのと同じ作用がある。下半部の永久磁石71はカスプ磁場を生成するためのものである。ウエハー72を間欠的に正電源によってバイアスすることによって負イオンを注入する点は変わらない。全面一挙注入であるから質量分離やビーム走査が不要である。

【0074】〔実施例4（ECRプラズマ装置）〕図4、図5も熱フィラメントプラズマ装置であったが、図6に示すものはECRマイクロ波プラズマ装置である。カスプ磁場による閉じ込めの代わりに、ECRコイルの縦磁場を用いている。

【0075】マグネトロン85で発生したマイクロ波87は導波管86を伝搬する。マイクロ波87は誘電体窓88を通り、プラズマ室89にはガス入口（図示しない）とガス出口（図示しない）がありマイクロ波によってガスをプラズマに励起する。プラズマ室89の周囲にはコイル90が設置される。コイル90はプラズマ室89内部のプラズマ91に縦磁場92を生ずる。電子はコイル磁場によってサイクロトロン運動する。サイクロトロン周波数とマイクロ波周波数が同一の領域でマイクロ波の共鳴吸収（ECR）が起こる。そこでプラズマ密度が高くなる。プラズマ室89の内部に、サセプタ93によって支持されるウエハー94が設けられる。プラズマ91とウエハー94の全面が接触する。スイッチ97、正バイアス電源98がサセプタ93に接続される。タイミング調整回路99がスイッチ97を周期的に開閉する。また適当な時間差でマグネトロン85もオンオフする。オンオフのタイミングは図3に示すものと同じである。

【0076】マグネトロン85をパルス駆動する。プラズマがそれに応じて点灯する。プラズマが消えた後の負イオン密度の上昇に合わせてウエハー94とサセプタ93を正電位にバイアスする。これによって水素負イオンH⁻がウエハーに注入される。全面でプラズマに接触しているから、一挙に全面に水素負イオンが注入される。一種類の負イオンしか発生しないから質量分離の必要はない。ビームを絞らないから走査機構も不要である。

【0077】〔実施例5〕図7に実施例5を示す。セシウムを利用したスパッタ型負イオン源を用いたものである。セシウム利用スパッタ型負イオン源については例えば次の文献に説明されている。

(12) 富岡哲生、辻博司、豊田啓孝、後藤康仁、石川順

三、「RFプラズマスパッタ型負重イオン源からの酸素及びフッ素負イオン引き出し特性」 Proc. BEAMS 1995 TOKYO、pp 191-194

【0078】プラズマ生成室100内の上方には導電性ターゲット101が設けられる。ターゲット101の軸は絶縁物102を経て外部に引き出され、負バイアス電源103に接続される。ガス入口104から原料ガスが供給される。プラズマ生成室100内部には数ターンの高周波コイル105が設置される。高周波コイル105の端子は絶縁物106を経て外部へ取り出される。その一端はマッチングボックス107、第1スイッチ108を経て高周波電源109に接続される。高周波電源109の一端は接地される。コイル105の他端は接地されている。プラズマ生成室100の下方には、サセプタ110、ウエハー111が設けられる。軸112は絶縁物113を通して外部に延長する。軸112、サセプタ110、ウエハー111は、第2スイッチ114、正バイアス電源115に接続される。正バイアス電源115は、20keV～220keVの間の加速エネルギーを水素イオンに与える。タイミング調整回路116が第1、第2スイッチ108、114を図3のようなタイミングでパルス的に開閉する。

【0079】プラズマ生成室100の外部にオープン117がある。この内部にセシウムCs118が收容される。周りのヒータ119によってオープン117を加熱することができる。オープン117の上にはパイプがついておりパイプ先端のノズル121はターゲット101の下面に向かって設けられる。ヒータ119によってCsを加熱すると蒸気が発生し、ノズル121から噴出しターゲット101の表面に付着する。プラズマ生成室100にはガス排出口122がありここから内部を真空に引くことができるようになっている。以上の構成においてその動作を述べる。

【0080】ターゲット101には300V～800V程度の負電圧が印加されている。オープン117からセシウム蒸気が生じターゲット101に付着している。プラズマ生成室100にアルゴンAr、キセノンXeなどのスパッタガスと水素ガスの混合ガスを導入する。水素分子の一部はターゲットのセシウム層の上に吸着される。第1スイッチ108を閉じ高周波コイル105に高周波電圧を印加する。高周波によってガス中の電子が上下に振動し原子に当たって電離するから、混合ガス(Xe+H)のプラズマが生成される。プラズマというのは電子、正イオン、中性ラジカル、中性分子などの集合である。

【0081】ターゲット101には負電圧が印加されているから混合ガスのうち不活性ガスの正イオン、例えばXe⁺イオンがターゲットに引き寄せられる。不活性ガス正イオンはターゲットの水素分子に当たりこれをスパッタリングする。水素分子はCsから電子を取り分解し

て一原子負イオン H^- になる。 Cs を使うので負イオン濃度が高くなる。これだけでも水素負イオンを生成できるが本発明は、実施例 1 で述べたような工夫をする。タイミング調整回路 116 によって、高周波コイルへのパルス的な電力供給の直後にウエハー 111 を正電圧にバイアスする。

【0082】高周波をコイル 105 に通すと高周波で電子が強く運動しプラズマができる。高周波を切ると電子が運動エネルギーを失い、中性水素分子との衝突の確率が増える。そして殆どの低速電子が中性水素と結合し、負イオンとなる。特に Cs の添加量を調整することによって、 H^- を独占的に生成する事が可能である。丁度そのときにウエハーに正のバイアス電圧を印加することによって効率よく負イオンをウエハーへ注入する。

【0083】この方法は、後で Si 基板上の Cs 或いは浅く注入された Cs を除去しなければならないという問題がある。しかし負イオンの生成効率を高めるという点で利点がある。放電オフ期間（図 3 の 51）中に基板（ Si ウエハー）に水素負イオンが注入されるが、プラズマは全体的に中性を保とうとするので、正イオンがプラズマ生成室壁面などに衝突する。この正イオンがセシウム被覆ターゲットに当たり、さらに負イオン濃度を上げることができる。結局負バイアス電源 103 から電子を与えるので負イオンをより高濃度で生成できる。

【0084】図 8 に本発明により水素負イオンを Si 基板に注入し、水素の多孔質膜を作り他の Si を付けて多孔質膜から Si を剥離して、 SOI 基板を作製する行程を示す。簡単に説明すると、第 1 の Si 基板の表面を酸化し SiO_2 膜を作る（1）。次に水素負イオンを注入し、ポロシティの大きい多孔質層を形成する（2）。その後熱処理によって、表面の Si 層の注入ダメージを回復する（3）。第 1 の Si 基板を貼り合わせる（4）。その後垂直方向に剪断力を加える事によって前記多孔質層で第 1 基板を切断する（5）。その後、表面を研磨する（6）。こうして SOI 基板を作製する。

【0085】

【発明の効果】半導体、金属、絶縁体などの基板に水素負イオンを注入する事によって所定深さに水素を埋め込む。プラズマに半導体、金属、絶縁体など上記の基板の全体が接触した状態でイオンを注入するから一括して全面に注入できる。水素負イオンはプラズマパラメータを調整する事によって H^- のみ独占的に生成する事が可能である。上記の基板に正のパルスバイアス電圧を周期的に印加することによって H^- のみを安定的に、短時間で実用量を注入する事ができる。質量分離系などを設ける必要はない。質量分離の大きかりな装置が不要であるから装置価格は低下する。据え付けに必要な面積も節減できる。質量分離しないからビームを細くする必要がなく、走査が不要になる。走査せず一挙に注入できるのでスループットが向上する。

【0086】さらにプラズマ生成手段を周期的にオン／オフさせ、オフ期間に基板に正のバイアスパルス印加する。電子の過剰照射による基板過熱及びパルスバイアス電源の大容量化を回避する事が可能になる。安価、安定、小設置面積のイオン注入装置を提供する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来例にかかる水素正イオンを Si ウエハーに注入する装置の概略断面図。

【図 2】高周波励起によって水素プラズマを生成し、高周波電力遮断後の一時的な負イオン増加時に正のバイアス電圧を印加し Si ウエハーに水素負イオンを注入するようにした本発明の第 1 の実施例にかかる装置の断面図。

【図 3】図 2 の第 1 の実施例において、高周波電力を供給するタイミングとウエハーに正のバイアス電圧を印加するタイミングを示すパルス波形図。

【図 4】 ECR プラズマ法を用い導体棒電流によってチャンバ中間に磁場を生成してプラズマを二分し負イオン生成率を上げウエハーに水素負イオンを注入するようにした本発明の第 2 の実施例にかかる装置の断面図。

【図 5】 ECR プラズマ法を用い永久磁石磁場によってチャンバ中間に磁場を形成しプラズマを二分して負イオン生成率を上げウエハーに水素負イオンを注入するようにした本発明の第 3 の実施例にかかる装置の断面図。

【図 6】 ECR プラズマ法を用いて、ウエハーに水素負イオンを注入するようにした本発明の第 4 の実施例にかかる装置の断面図。

【図 7】スパッタ型負イオン源を用いてウエハーに水素負イオンを注入するようにした本発明の第 5 の実施例を示す断面図。

【図 8】水素負イオンを Si 基板に注入して水素の多孔質層を作り他の Si を付けて、多孔質層から Si を剥離して SOI 基板を作製する工程を示す図。

【図 9】全面に水素正イオンを一挙に注入する従来例にかかる方法を説明する断面図。

【符号の説明】

- 1 チャンバ
- 2 フィラメント
- 3 フィラメント電源
- 4 ガス入口
- 5 絶縁物
- 6 アーク電源
- 7 加速電源
- 8 出口
- 9 加速電極
- 10 減速電極
- 11 接地電極
- 12 減速電源
- 13 抵抗

14 質量分離マグネット
15 水素正イオンビーム
16 入口
17 出口
18 スリット板
19 電極
20 電極
21 可変電源
22 走査機構
23 走査ビーム
24 ウエハー
25 サセプタ
26 中央軌跡
27 偏奇軌跡
29 ガス入口
30 チャンバ
31 サセプタ電極
32 対向電極
33 シャフト
34 絶縁物
35 軸
36 絶縁物
37 配線
38 マッチングボックス
39 配線
40 第1スイッチ
41 高周波電源
42 配線
43 第2スイッチ
44 正バイアス電源
45 第1トリガ回路
46 第2トリガ回路
47 タイミング調整回路
48 立ち上がり
49 オン
50 立ち下がり
51 オフ
52 消灯時
53 立ち上がり
54 オン
55 立ち下がり
56 オフ
61 プラズマ室
64 フィラメント
65 フィラメント電源
66 アーク電源
67 第1スイッチ
68 第1プラズマ室
69 導体棒
70 第2プラズマ室

71 永久磁石
72 ウエハー
73 サセプタ
74 軸
75 絶縁物
76 スイッチ
77 正バイアス電源
78 タイミング調整回路
81～84 永久磁石
85 マグネトロン
86 導波管
87 マイクロ波
88 誘電体窓
89 プラズマ室
90 コイル
91 プラズマ
92 縦磁場
93 サセプタ
94 ウエハー
95 軸
96 絶縁物
97 スイッチ
98 正バイアス電源
99 タイミング調整回路
100 プラズマ生成室
101 ターゲット
102 絶縁物
103 負バイアス電源
104 ガス入口
105 コイル
106 絶縁物
107 マッチングボックス
108 第1スイッチ
109 高周波電源
110 サセプタ
111 ウエハー
112 軸
113 絶縁物
114 第2スイッチ
115 正バイアス電源
116 タイミング調整回路
117 オープン
118 セシウム固体
119 ヒータ
120 パイプ
121 ノズル
122 ガス排出口

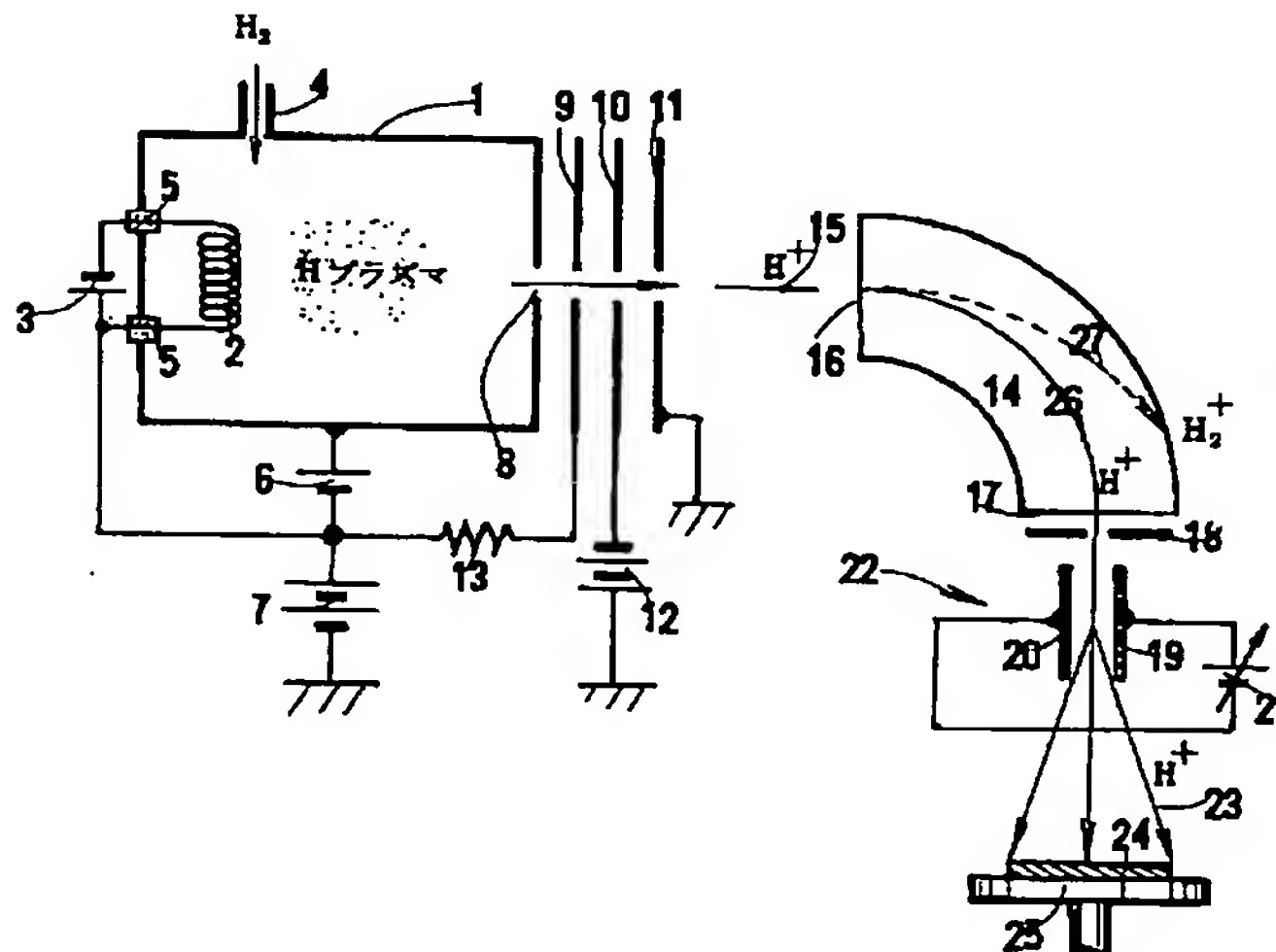
【要約】

【課題】 質量分離マグネットなどが不要で走査機構も不要な水素イオン注入方法を提供すること。

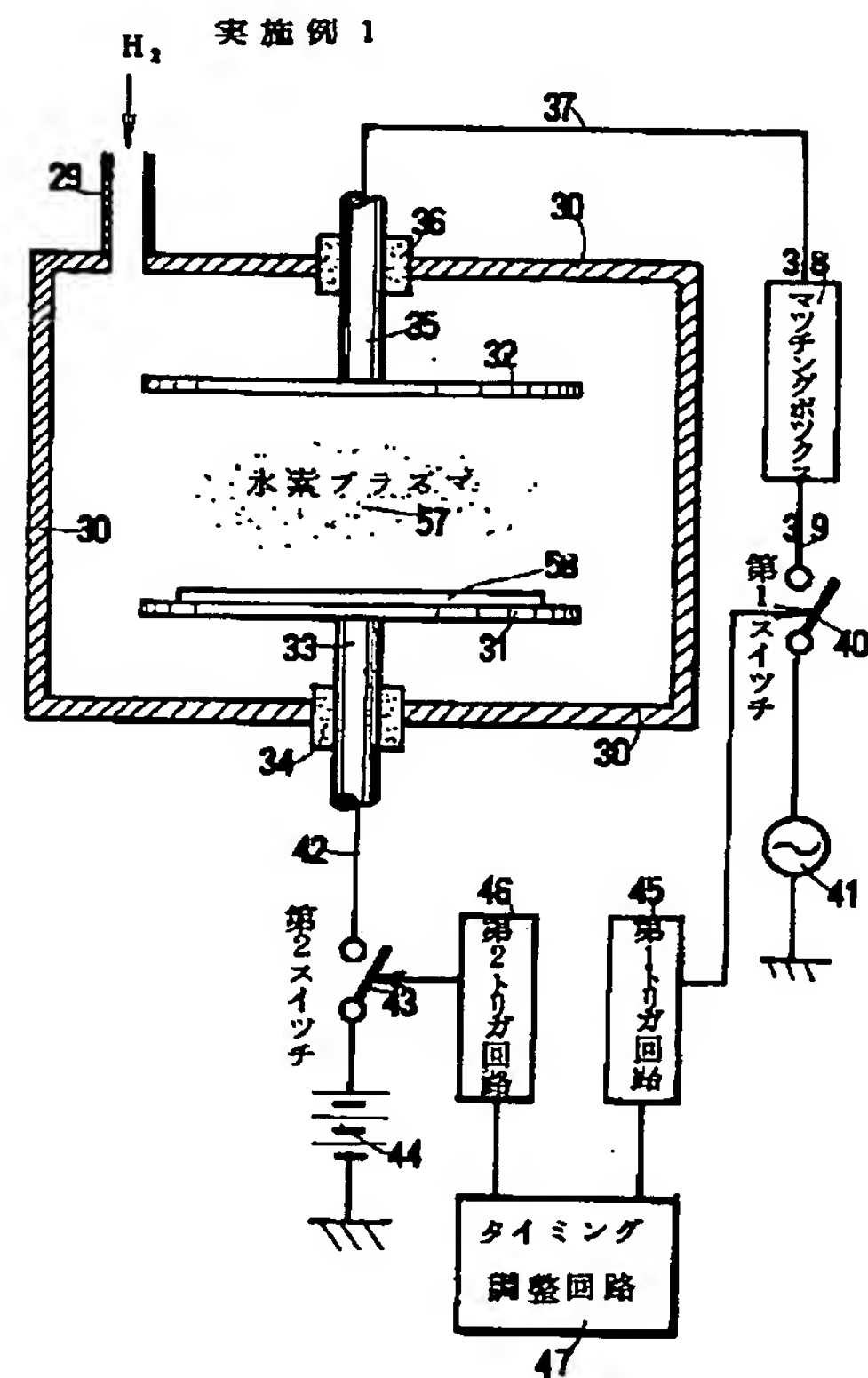
【解決手段】 半導体基板、絶縁体基板または金属基板を水素プラズマ室の内部に入れ、水素プラズマと接触さ

せ、ウエハに正のバイアス電圧をパルス的に印加して、プラズマ中の水素負イオン H^- をウエハに注入する。

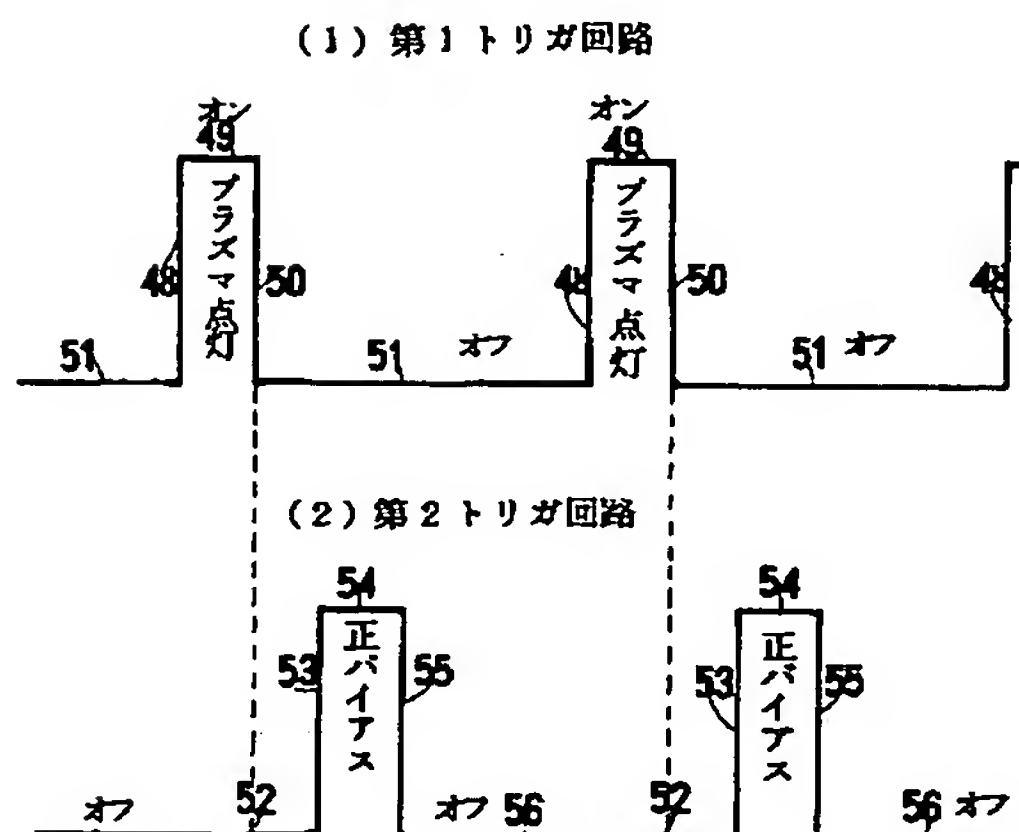
【図1】



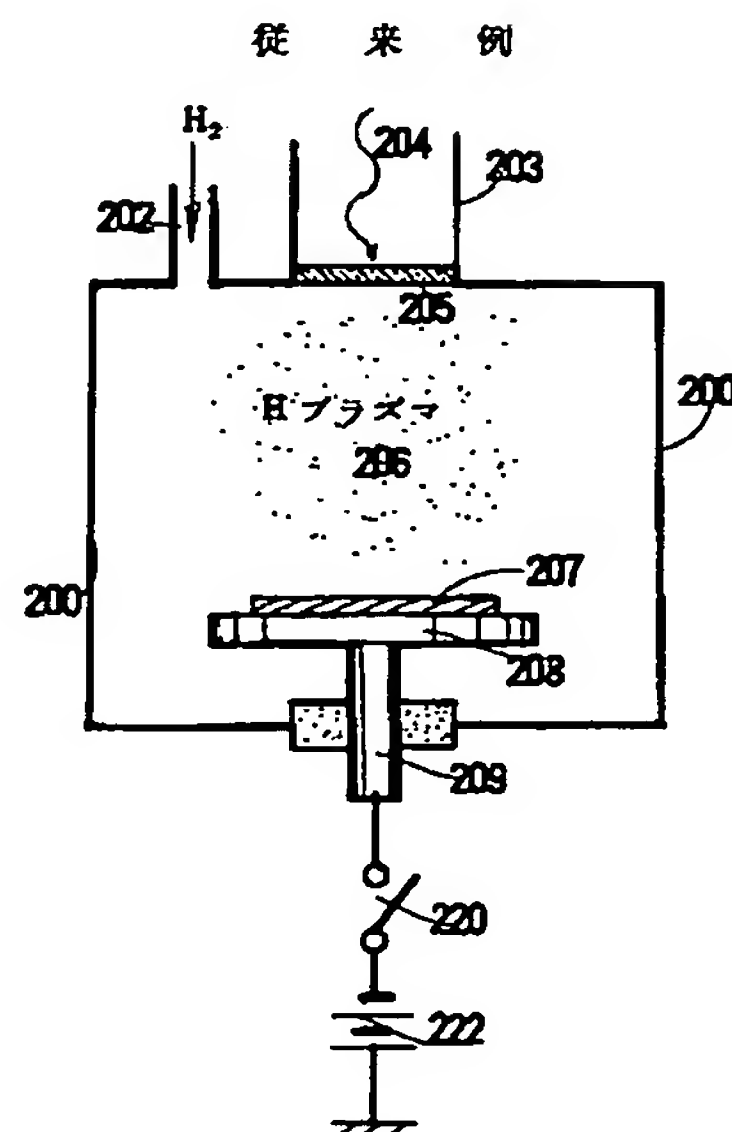
【図2】



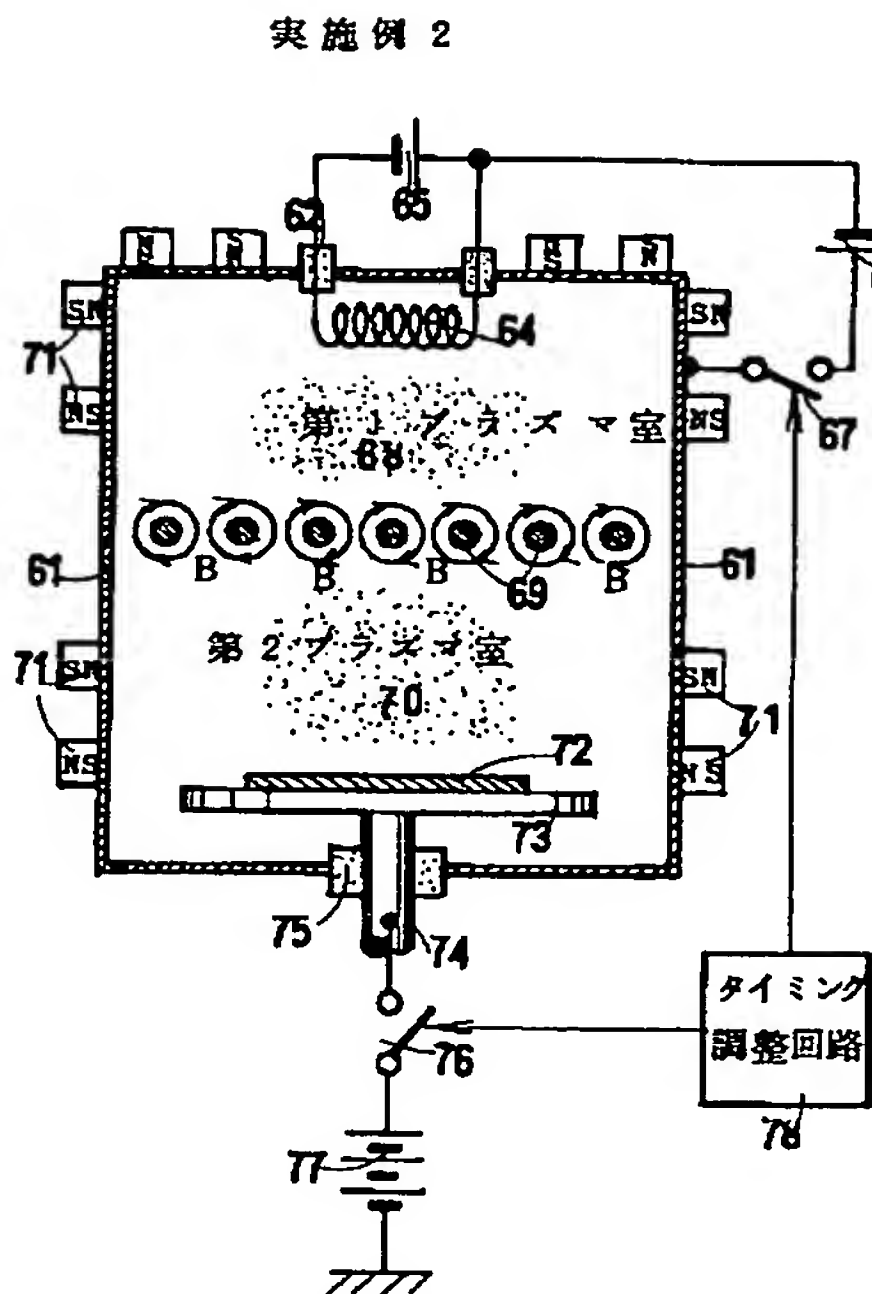
【図3】



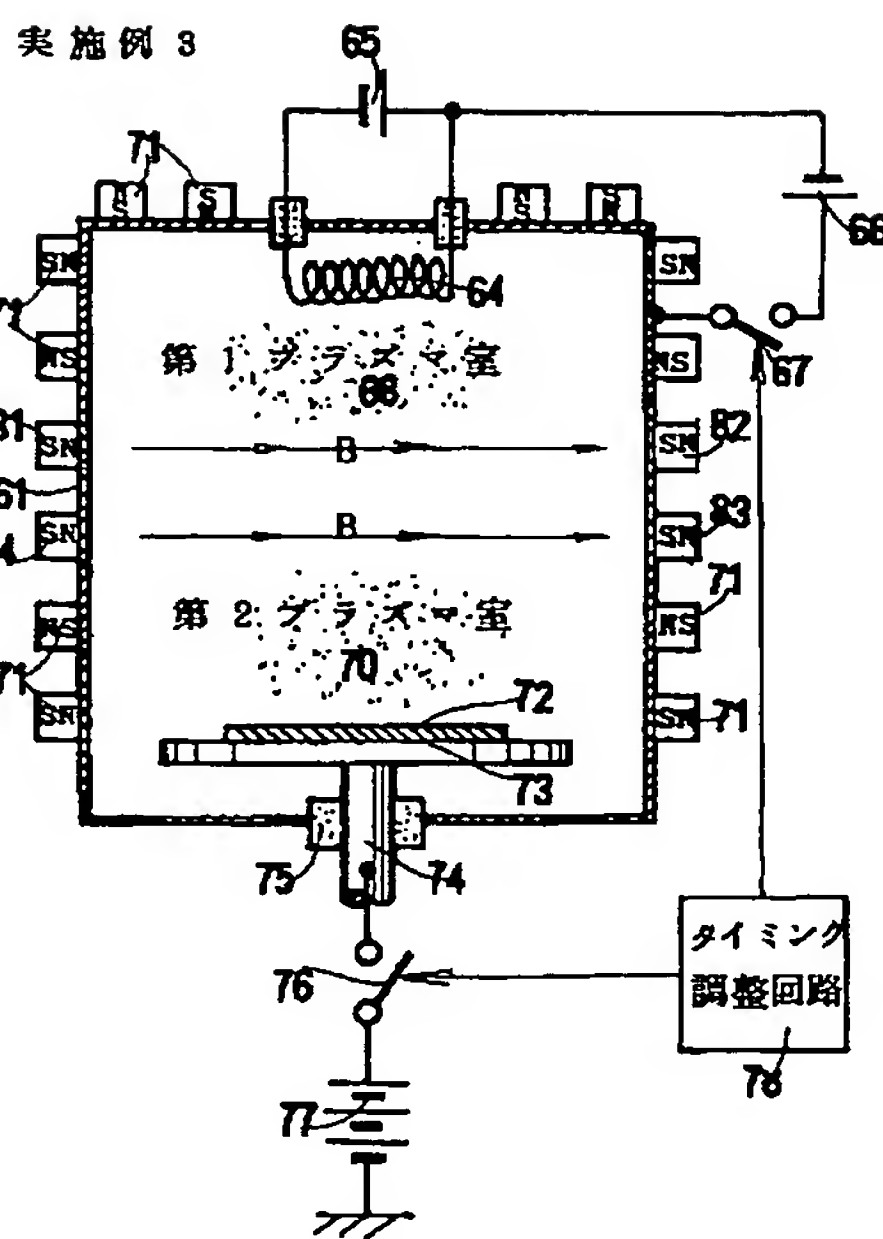
【図9】



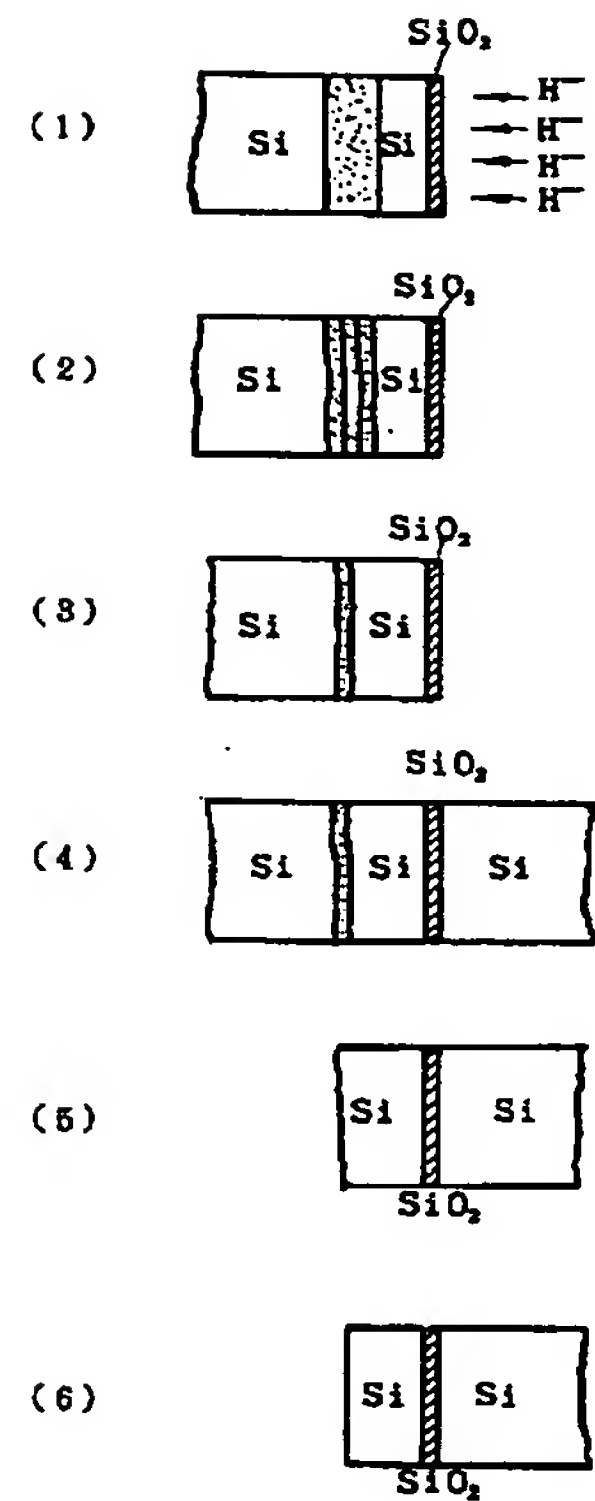
【図4】



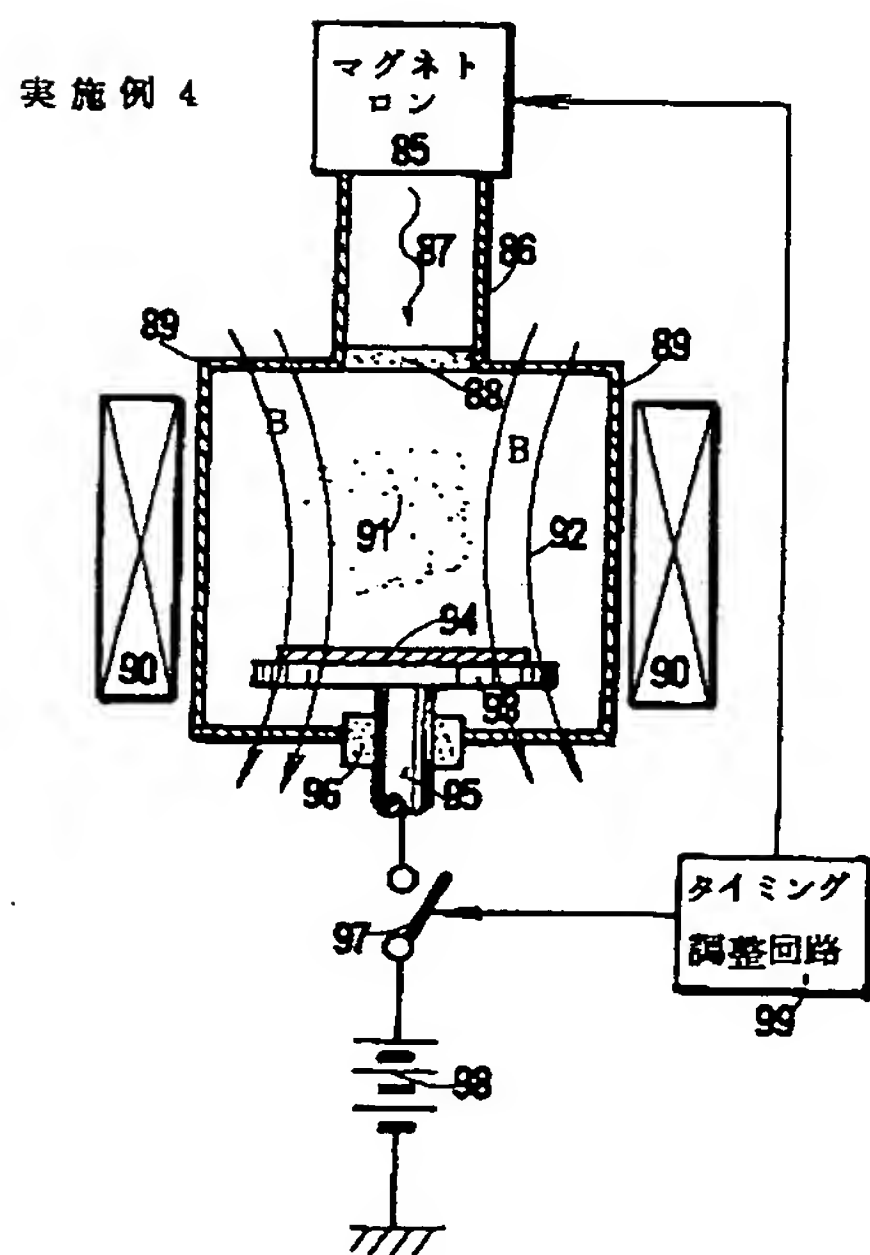
【図5】



【図8】



【図6】



【図7】

実施例 5

フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 平 4 - 264346 (J P , A)
 特開 平 9 - 92804 (J P , A)

(58) 調査した分野 (Int. Cl. 6, D B 名)

| | |
|------|--------|
| H05H | 1/46 |
| G23C | 14/48 |
| G21K | 5/04 |
| H01L | 21/265 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.